

# 不同时间的睡眠剥夺对执行功能的影响\*

宋国萍\*\*<sup>1</sup> 张侃<sup>3</sup> 苗丹民<sup>2</sup> 皇甫恩<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>陕西师范大学心理学系,西安,710062)(<sup>2</sup>第四军医大学航空航天医学系心理学室,西安,710032)

(<sup>3</sup>中国科学院心理研究所工程心理学实验室,北京,100101)

**摘要** 睡眠剥夺在日常生活工作中广泛存在,执行功能指需要很多认知过程参与,以使操作优化的机制。目前有关睡眠剥夺对认知功能的影响关注于对执行功能的影响,但是尚没有不同时间睡眠剥夺后执行功能情况的研究,并且研究缺乏系统。本研究应用卡片分类测验、词汇流畅性测验研究了32名青年男性在不同睡眠剥夺条件下(睡眠剥夺21h、睡眠剥夺45h、睡眠剥夺69h、正常对照组)的执行功能情况。结果表明:睡眠剥夺后执行功能下降,同剥夺时间有一定关系,45h后下降显著。

**关键词:** 执行功能 睡眠剥夺 工作记忆 前额叶

睡眠剥夺(sleep deprivation,SD)是指由于各种原因引起的睡眠丢失状态,并引起情绪、学习记忆、免疫功能等改变<sup>[1]</sup>。有研究表明,SD后整个皮层的激活方式改变,前额叶代谢率降低<sup>[2]</sup>;同时,行为水平降低<sup>[3]</sup>。SD后,同前额叶有关的测验结果受明显影响,而同前额叶关系不大的测验结果受影响不大<sup>[4]</sup>。但目前由于采用的测验以及SD时间选择的不同,结果并不一致,也有一些研究发现,经过一夜SD后,执行功能没有明显降低<sup>[5,6]</sup>,并且目前的研究多为短期SD。

测量额叶功能的测验一般要求新异,这类测验往往要求被试主动进行作业,并且具有一定灵活性。我们选取了两个测验:卡片分类测验、词汇流畅性测验测试定势转移、分析/综合、抑制功能、工作记忆。并进行了不同时间的SD试验,以探讨SD的时间长短对于执行功能的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 被试

纳入标准和选择同我们以前的研究<sup>[7]</sup>。共选出32名青年男性学生,年龄为20~22岁,平均为20.7岁,随机分为4组:SD21h、SD45h、SD69h和对照组,每组8名。实验后均获得一定量报酬。实验结束后由主试护送回宿舍。

### 1.2 实验过程

SD组于实验当天早上7:00起床后进入实验室进行SD,分别于第二天、第三天和第四天凌晨4:00离开,分别剥夺睡眠21h、45h、69h。实验中被试可自由活动,看电视和玩扑克,但不能离开实验室,并始终有6名主试监督,以防被试睡眠。实验结束后进行各项测验。正常对照组在早上8:00清醒的时候,进行各项测试。

### 1.3 实验材料

#### 1.3.1 卡片分类测验

采用美国NeuroScan公司所产ESI-32导脑电记录分析系统中STIM系统中的卡片分类测验。被试端坐于STIM计算机前面,距离屏幕70cm。在屏幕上方有4张卡片,在屏幕右下角连续出现一些卡片,每次出现一张。要求被试判断该卡片同屏幕上方4张卡片中的哪一张属于一类,并用鼠标点击。要求被试尽量快且正确地进行归类。在屏幕最上方用“ ”或“x”和声音告诉被试回答是否正确,但不给任何有关分类原则的提示。分析指标:平均完成时间(s)、分类次数、总错误数、坚持性错误数。

#### 1.3.2 词汇流畅性测验

要求被试在1min之内说出同名词可以搭配的所有动词<sup>[8]</sup>,越多越好。以苹果为例,可以说吃、咬、拿、取、削等。要求被试说出同下列5个名词搭配的动词:钢笔、鞋、杯子、游戏和电影,尽量不要重复,由主试进行记录。分别由3名语言学家进行分析,取平均值。主要分析指标:产生的正确动词总数、错误数(不是动词或者不能够与该名词搭配的动词或者重复的词汇数量)、名词和动词的联系强度、名词和动词的联系新异度。联系强度即>50%的词汇占有所有正确词汇的比例;联系新异度即<10%的词汇占有所有正确词汇的比例。

### 1.4 实验统计

采用SPSS for Windows(v.12.0)软件对数据进行统计。组间比较采用析因分析、单因素方差分析和LSD检验。

## 2 结果

### 2.1 卡片分类测验

SD后卡片分类作业成绩下降,平均完成时间(*F*

\* 基金项目:国家自然科学基金(30500159),军队卫生科研基金(01L073),中国博士后科学基金(2004035423)。

\*\* 作者简介:宋国萍,女。E-mail: gpsong@126.com

= 8.94,  $p = 0.001$ )、总错误数 ( $F = 15.82$ ,  $p = 0.000$ )、坚持性错误数 ( $F = 9.72$ ,  $p = 0.000$ )、坚持性反应数 ( $F = 7.64$ ,  $p = 0.001$ ) 有显著改变。表现

为平均完成时间、总错误数、坚持性错误数和坚持性反应数的增加,并且 SD45h 后显著。具体见表 1。

表 1 睡眠剥夺后卡片分类测验的结果 ( $n = 8$ )

	对照组	SD21	SD45	SD69
平均完成时间(s)	1.22 ±0.24	1.60 ±0.40	1.98 ±0.44 <sup>ab</sup>	2.79 ±0.89 <sup>abc</sup>
分类次数	6.00 ±0.00	5.67 ±0.82	5.67 ±0.82	5.50 ±1.22
概括力水平	80.27 ±6.66	76.55 ±8.84	75.79 ±10.70	73.98 ±10.49
总错误数	12.83 ±4.71	17.17 ±7.47	27.33 ±5.76 <sup>ab</sup>	33.00 ±6.10 <sup>ab</sup>
坚持性错误数	6.44 ±2.47	9.22 ±2.55	15.75 ±5.11 <sup>ab</sup>	21.39 ±8.60 <sup>ab</sup>
坚持性反应数	7.03 ±2.87	11.48 ±5.80	20.31 ±6.21 <sup>ab</sup>	24.43 ±10.13 <sup>ab</sup>

注:a:同对照组相比有显著差异;b:同 SD21 组相比有显著差异;c:同 SD45 组相比有显著差异。

分别同 SD 时间进行 Spearman 相关得,平均作业时间(0.744)、总错误数(0.833)、坚持性错误数(0.764)、坚持性反应数(0.730)有显著意义;而分类次数(-0.210)和概括力水平(-0.257)没有显著意义。

## 2.2 词汇流畅性测验

SD 后词汇流畅性测验成绩下降,正确产生总数 ( $F = 6.940$ ,  $p = 0.003$ )、错误/重复数 ( $F = 7.081$ ,  $p = 0.002$ )、联系强度 ( $F = 17.925$ ,  $p = 0.000$ )、联系新异度 ( $F = 39.613$ ,  $p = 0.000$ ) 有显著改变。表现为产生总数减少、错误/重复数增加、联系强度增加、联系新异度降低,以 SD45h 后为显著。具体见表 2。

表 2 SD 后词汇流畅性测验结果 ( $n = 8$ )

	对照组	SD21	SD45	SD69
正确产生总数	65.00 ±6.80	53.83 ±10.09	46.33 ±12.5 <sup>a</sup>	36.50 ±10.25 <sup>ab</sup>
错误/重复数	1.67 ±1.03	3.17 ±0.98	3.33 ±1.03 <sup>a</sup>	5.00 ±1.79 <sup>abc</sup>
联系强度(%)	32.65 ±2.97	33.66 ±2.35	37.05 ±3.52 <sup>ab</sup>	41.22 ±2.48 <sup>abc</sup>
联系新异度(%)	33.94 ±2.33	32.68 ±2.15	29.45 ±1.94 <sup>ab</sup>	22.08 ±2.48 <sup>abc</sup>

注:a:同对照组相比有显著差异;b:同 SD21 组相比有显著差异;c:同 SD45 组相比有显著差异。

分别同 SD 时间进行 Spearman 相关分析得,正确产生总数(-0.787)、错误/重复数(0.811)、联系强度(0.724)、联系新异度(-0.743),均有显著性差异( $p < 0.050$ )。

## 3 讨论

威斯康星卡片分类测验(Wisconsin card sorting test, WCST)<sup>[9]</sup>广泛应用于测查抽象能力和定势转移,与分类、抑制无关信息和优势反应的能力有关。既往研究中, Herscovitch<sup>[11]</sup>要求被试每天仅睡眠 4h,连续 5d,发现 WCST 成绩显著下降。本研究同前人研究类似,SD 后,总错误数、坚持性错误数和坚持性反应数增加,SD45h 后明显下降,说明对于卡片分类测验,短期 SD 不是很敏感,中长期 SD 较敏感,其中 SD45h 对于完成卡片分类可能比较关键,这也解释了为什么在 Binks<sup>[10]</sup>的实验中,在他的实验中,被试 SD36h,没有阳性结果。另外,其他人的研究都采用手工方式,没有发现平均反应时的变化,本研究中采用计算机呈现的方式,还发现了平均反应时的改变,表现为反应时延长,表明被试需要更长时间考虑。同其他指标相比,平均反应时对于不同的剥夺长度比较敏感,反映了被试在 SD 后对自己答案的不确定性以及加工时间的延长。该实验表明,SD 的被试由于行为、思维的僵化,很难发现新规则,倾向

于使用既往成功经验;不能够从反馈中得到足够信息,不能将反馈来的信息整合为合适的反应,从而不能及时更新自己的规则。

词汇流畅性作业需要被试从长时记忆中提取与之相关的语义信息,并要抑制与要求无关的词干扰。既往研究采用写的方式和重复测量的方式,发现该测验对于 SD 非常敏感<sup>[12]</sup>。对于限制睡眠的麻醉医生(24h 内睡眠小于 30min)进行测验也发现该测验得分降低<sup>[13]</sup>。但是在 Binks<sup>[10]</sup>的研究中,正常男性年轻被试 SD36h 词汇流畅性没有发现明显地下降。在这里,本实验采用了这个测验的另一种形式,采用口头报告,即要求被试说出尽可能多地同名词相关的动词,并且考察动词的类属及是否有新异性,这样增加测试的难度。

从结果可以看到,SD 后正确词汇数、错误/重复数、联系强度和联系新异度都有所变化,45h 后变化明显;联系强度和联系新异度对于 SD 更为敏感。这表明 SD 后更容易从习惯化的词汇中产生,而较少有创新性。被试不容易有新的策略产生,更容易从一种角度去思考,倾向于在一个语义系统中产生词汇。随 SD 时间延长,被试回答时,词和词之间产生时间显著延长,SD69h 更为明显。

根据 Baddeley 的理论<sup>[14]</sup>,大脑中有一个监控者,进行有意识的监控,并将注意资源进行分配。额

叶负责并整合注意反馈回来的信息,不断调整规则,发现新规则,这需要较高的注意资源;而按旧规则,需要的资源少,相对是一个自动化的过程<sup>[15]</sup>。SD后,注意资源下降,额叶功能下降,没有足够的注意资源去注意和整合,不能够及时更新到新的规则。因此,在卡片分类测验中,当被试学会一种正确的反应方式后,倾向于固着于此分类方式,即使计算机提醒他做错了,在下一个卡片出现时,仍习惯于用原有错误的反应方式进行反应,出现坚持性反应和坚持性错误增加;而在词汇流畅性测验中,抑制无关信息的能力下降,表现为错误/重复词汇的出现,并且注意资源的下降,使得从长时记忆中提取词汇的能力下降,表现出了正确词汇数量的下降,并且倾向于固定的类别,表现为联系强度的增加和联系新异度的下降。

综上所述,SD后执行功能下降,同时间有一定的关系,SD45h后下降显著;SD后,被试反应时间延长,需要更长的时间思索同样的问题。

#### 4 参考文献

- Deaconson TF, O' Hair DP, Levy MF, et al. Sleep deprivation and resident performance. *JAMA*, 1988, 260(7):1721 - 1727
- Thomas M, Sing HC, Belenky G. Cerebral glucose utilization during task performance and prolonged sleep loss. *J Cereb Blood Flow Metab*, 1993, 13:S351
- Drummond SP, Brown GG, Gillin JC, et al. Altered brain response to verbal learning following sleep deprivation. *Nature*, 2000, 403(3):655 - 657
- Harrison Y, Horne JA, Rothwell A. Prefrontal neuropsychological effects of sleep deprivation in young adults: a model for healthy aging? *Sleep*, 2000, 23(4):1067 - 1073
- Pace - Schott EF. Healthy young male adults are resistant to sleep - deprivation induced deficits in dorsolateral prefrontal function. *Sleep*, 2002, 25(Suppl):A446
- Taylor DJ, McFatter RM. Cognitive performance after sleep deprivation: does personality make a difference? *Personality and Individual Differences*, 2002, 33(1):1 - 15
- 宋国萍,赵仑,苗丹民等.不同时间的睡眠剥夺对视觉P300的影响. *人类工效学*, 2006, 12(4):1 - 3
- Harrison Y, Horne JA. Sleep loss impairs short and novel language tasks having a prefrontal focus. *J Sleep Res*, 1998, 7(1):95 - 100
- Wang L, Kakigi R, Hoshiyama M. Neural activities during Wisconsin Card Sorting Test - MEG observation. *Cog Brain Res*, 2001, 12(1):19 - 31
- Binks PG, Eaters WF, Hurry M. Short - term total sleep deprivation does not selectively impair higher cortical functioning. *Sleep*, 1999, 22(2):328 - 334
- Herscovitch J, Stuss D, Broughton R. Changes in cognitive processing following short - term cumulative partial sleep deprivation and recovery oversleeping. *J Clin Neuropsychol*, 1980, 1(2):301 - 319
- Harrison Y, Horne JA. Sleep deprivation affects speech. *Sleep*, 1997, 20(3):871 - 877
- Nelson CS, Dell'Angela K, Jellish WS, et al. Residents' performance before and after night call as evaluated by an indicator of creative thought. *JAOA*, 1995, 95(2):600 - 603
- Baddeley A. Working memory. *Science*, 1992, 255(3):556 - 559
- Somen RJM, Van der Molen MW, Jennings JR, et al. Wisconsin card sorting in adolescents: analysis of performance, response times and heart rate. *Acta Psychologica*, 2000, 104(1):227 - 257

## Effects of Sleep Deprivation on Executive Function

Song Guoping<sup>1</sup>, Zhan Kan<sup>3</sup>, Miao Danmin<sup>2</sup>, Huang Fuen<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Department of Psychology, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062)

(<sup>2</sup>Department of Psychology, Faculty of Aerospace Medicine, Fourth Military Medical University, Xi'an, 710032)

(<sup>3</sup>Lab of Engineering Psychology, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

**Abstract** Sleep deprivation exists extensively in everyday life. Executive function, which refers to the mechanism to make performance better, involves many cognitive processes. Recent studies of the effects of sleep deprivation on cognitive function focus on that executive function. But no studies have been made of the effects of different time of sleep deprivation on the same subject. In this study, we used the Card Dissociation Test, Word Fluency Test to study the executive function of 32 young males in different sleep deprivation conditions (sleep deprived for 21 hours, sleep deprived for 45 hours, sleep deprived for 69 hours, normal subjects). The results proved that executive function became worse after sleep deprivation. And lowered executive function was connected with the time of sleep deprivation. The function went down significantly after sleep being deprived for 45 hours.

**Key words:** executive function, sleep deprivation, working memory, prefrontal lobe